

98-02-03

(1193)

PG9802-0605

098—301020200G1—003

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響  
之探討和監測 (1/3)  
期末報告

**Population Monitoring of Alishan salamander  
(*Hynobius arisanensis*) along Yushan Hiking Trail  
and Investigating the Possible Impacts from  
Climatic Change (1/3)**

受委託者：國立臺灣師範大學

計畫主持人：呂光洋

協同主持人：賴俊祥

計畫助理：張立宜、李詩雯

玉山國家公園管理處

中華民國 98 年 12 月

該研究報告非本處立場、僅供參考







目次

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 表次                 | III |
| 圖次                 | V   |
| 摘要                 | VII |
| 第一章 緒論             | 1   |
| 第一節 緣起與目的          | 1   |
| 第二節 文獻回顧           | 2   |
| 第二章 材料與方法          | 7   |
| 第一節 研究物種           | 7   |
| 第二節 玉山步道沿線山椒魚調查與監測 | 9   |
| 第三節 八通關地區山椒魚分布調查   | 16  |
| 第三章 結果與討論          | 19  |
| 第一節 玉山步道沿線山椒魚調查與監測 | 19  |
| 第二節 八通關地區山椒魚分布調查   | 27  |
| 第三節 討論             | 28  |
| 第四章 結論與建議          | 31  |
| 第一節 結論             | 31  |
| 第二節 建議             | 31  |
| 附錄、期中與期末審查意見處理情形   | 32  |
| 參考書目               | 34  |

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

表次

表 3-1、各樣區各月份單位努力捕獲量表 . . . . . 20

表 3-2、神木樣區族群存活率( $\Phi$ )及捕獲率( $p$ )的模型選擇及  
AIC 值，包括了時間效應( $t$ )及恆定值(.) . . . . . 26

表 3-3、神木樣區存活率( $\Phi$ )及捕獲率( $p$ )估算值表 . . . 26

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

## 圖次

|   |    |
|---|----|
| 圖 2-1、阿里山山椒魚( <i>Hynobius arisanensis</i> ) | 8  |
| 圖 2-2、阿里山山椒魚在台灣的分布圖                         | 8  |
| 圖 2-3、玉山步道沿線山椒魚監測樣區位置圖                      | 9  |
| 圖 2-4、石山樣區                                  | 10 |
| 圖 2-5、鹿林樣區                                  | 10 |
| 圖 2-6、鹿林樣區之現況                               | 11 |
| 圖 2-7、神木樣區                                  | 11 |
| 圖 2-8、塔塔加樣區                                 | 12 |
| 圖 2-9、圓峰樣區                                  | 13 |
| 圖 2-10、山椒魚測量之形值與色標編號位置                      | 14 |
| 圖 2-11、樣區微氣候記錄裝置圖                           | 14 |
| 圖 2-12、八通關地區山椒魚分布調查之範圍圖                     | 16 |
| 圖 3-1、鹿林樣區山椒魚捕獲量圖                           | 19 |
| 圖 3-2、神木樣區山椒魚捕獲量圖                           | 19 |
| 圖 3-3、塔塔加樣區山椒魚捕獲量圖                          | 20 |
| 圖 3-4、圓峰樣區山椒魚捕獲量圖                           | 20 |
| 圖 3-5、各樣區山椒魚利用之遮蔽物上覆蓋植物的類別比例圖               | 21 |
| 圖 3-6、各樣區山椒魚利用之遮蔽物體積值的頻率圖                   | 22 |
| 圖 3-7、各樣區山椒魚利用之基質類別比例圖                      | 23 |
| 圖 3-8、各樣區山椒魚棲息微棲地之溫度平均值圖                    | 23 |
| 圖 3-9、各樣區捕獲山椒魚體型年齡層分布圖                      | 24 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| 圖 3-10、各樣區捕獲之山椒魚體重平均值圖 | 25 |
| 圖 3-11、八通關捕獲之山椒魚亞成體    | 27 |
| 圖 3-12、八通關捕獲之山椒魚成體     | 27 |
| 圖 3-13、巴奈伊克山屋捕獲之山椒魚成體  | 28 |

## 摘要

關鍵詞：山椒魚、長期監測、氣候暖化

### 一、緣起

氣候暖化對物種及生態系的影響近來受到極大的關注，但國內相關研究及監測工作仍然缺少。由於低緯度高海拔的動植物是最適合當作氣候暖化對生態系種種變化的指標。在臺灣的動物中山椒魚是最適合當作監測指標的動物，山椒魚絕大部份都僅分布在國家公園的範圍，故有必要進行長期監測。

### 二、方法及過程

首先對玉山步道沿線設置五個樣區，分別石山、鹿林、神木、塔塔加及圓峰。今年已進行過四次調查，時間分別在四月、六月、十月及十一月。我們在樣區內翻找地表物，當尋獲山椒魚後進行測量棲地與個體形值，之後標放釋回。另外則在八通關地區調查山椒魚的分布，今年已在五月中旬進行過一次調查。在調查區內只要是潮溼的地點皆翻找地表物，尋獲山椒魚時記錄地點及座標資料。

### 三、重要發現

在玉山主峰步道沿線調查，除了石山樣區未尋獲山椒魚外，其餘樣區的捕獲數為神木樣區 25 隻、鹿林樣區 7 隻、塔塔加樣區 15 隻、圓峰樣區 30 隻，總計 77 隻次，僅有 3 隻為再捕獲。尋獲的山椒魚的遮蔽物幾乎都是石頭，而這些遮蔽物上都有植物覆蓋，體積範圍在 400 至 437500 cm<sup>3</sup>。而遮蔽物下的基質以腐植土、碎石及泥土三類為主。遮蔽物溫度的平均值為 16.92±2.81 °C，而基質溫度的平均值為 14.12±2.40°C，遮蔽物溫度顯著高於基質溫度。樣區內出現個體以成體為主。

今年度 6 月底於圓峰樣區的調查，我們發現了山椒魚的卵。這是學術界首次於野外記錄到阿里山山椒魚卵。山椒魚的產卵環境為小溪流中的石塊下。此石塊的大小為 28×8×8 cm，當時的水溫為 8.5°C。

在八通關地區的調查方面，經過一次的調查，分別在八通關及巴奈伊克山屋發現山椒魚，八通關 2 隻及巴奈伊克山屋 1 隻。

#### 四、主要建議事項

##### 立即可行之建議

1. 結合國家公園保育志工一起調查八通關的山椒魚，得到初步的成果。

國家公園應多鼓勵保育志工參予和巡山員長期監測計畫。

2. 神木林道水源似乎有污染的情形，宜儘速處理。

##### 中長期建議

1. 增加分布調查地區，建立國家公園內山椒魚分布點的資料。
2. 塔塔加樣區及神木樣區增加監測頻率，期望得到較好的存活率估算值。
3. 設立山椒魚資訊網站，推廣山椒魚保育。

英文摘要

The impacts of global warming on organisms and ecosystems have been receiving great attention in the last couple of years, while the relevant researches and monitoring programs are still wanted. Alpine animals and plants in low latitudes are excellent indicator species to monitor the impacts of climatic changes. In this project we select hynobiid salamanders (amphibian) as the indicator animal for long-term monitoring, they mainly distribute in the range of alpine national parks in Taiwan.

First, we setup five sampling sites around Yushan areas. These sampling sites are Shishan, Lulin, Shenmu, Tatacha, and Yuanfeng. We did the survey in April and June, and discovered a total of 77 salamanders from these sampling sites. We analyzed their microhabitat features including cover objects and substrates. Most of cover objects that salamander used were stones, and usually different plants covered on the stone. Substrate types under the cover objects were plant detritus, pebbles, and soil. Average temperature of the cover objected  $16.92 \pm 2.81^{\circ}\text{C}$ , and average temperature of the substrate  $14.12 \pm 2.40^{\circ}\text{C}$ . Most individuals were adults. We discovered salamander egg sacs in June at Yuanfeng. As for Batongkuan area were surveyed in May, and found salamanders at Batongkuan and Baneike.

The project is only at the very beginning stage, we still need more data to analyze and make suitable suggestions in the very near future.

**Key Words:** Hynobiid salamander; Long-term monitoring; Global warming;



## 第一章 緒論

### 第一節 緣起與目的

#### 一、緣起

全球環境之變遷(global change)是目前世界各國都非常重視的議題，尤其是氣候的暖化對物種及生態系的影響更是受到極大的關注。過去十年來在重要的科學期刊，如 Science 及 Nature 都有相當份量的報告在探討這些議題。2009 年 12 月在丹麥哥本哈根的減碳會議有將近 200 多國參予，顯示“暖化”議題受到極大的重視。資料顯示在過去不到 100 年的時間全球平均的溫度至少上升 0.6°C，在歐洲很多地區已顯示出亞熱帶及溫帶的植物有向高緯度及高海拔擴散分布的現象，植物的物候學資料更指出不少植物的開花期提前，不少高山植物發生地區性的滅絕。在動物方面如鳥類及蝴蝶的遷移發生改變，有些蝴蝶的分布向北擴散，兩棲類的繁殖季節提前，蝌蚪的發育受到衝擊。這些資料都是相關科學家長期收集資料比對及監測才獲得答案。

我國雖非 UN 及 IUCN 的會員，但政府的自然保育及種種環保的政策仍然是遵循國際的規範，因此也非常重視氣候暖化的問題，然相關研究及監測工作仍然缺少。科學家指出，在低緯度高海拔的動植物是最適合當作氣候暖化對生態系種種衝擊的指標，臺灣就有這樣優厚的條件。在植物中的龍膽及山椒魚就最合進行暖化衝擊監測的生物。在臺灣已知的五種山椒魚中絕大部份都僅分布在國家公園高海拔的範圍，如阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis*)(玉山)、臺灣山椒魚(*H. formosanus*)(太魯閣、雪霸)、楚南氏山椒魚(*H. sonani*)(太魯閣)、觀霧山椒魚(*H. fuca*)(雪霸)及南湖山椒魚(*H. glacialis*)(太魯閣)。

在玉山國家公園內，登玉山的步道沿線有幾個地點有相對穩定的山椒魚族群，故很適合進行氣候暖化對山椒魚族群變動的監測研究。本計劃以玉山國家公園玉山主峰附近進行山椒魚調查並建立監測技術，再以長期氣候資料與地形地貌環境變遷等探討其族群變動情形，提供日後經營管理及擬定保育

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

策略之依據。

## 二、計劃目標

1. 詳細調查玉山步道沿線區域的山椒魚族群，包括：(1) 阿里山公路往神木林道至國家公園範圍，(2) 鹿林山至玉山登山口，(3) 由塔塔加鞍部至沙里仙林道到國家公園範圍，(4) 登山口至排雲山莊，(5) 排雲山莊至玉山南峰，建立玉山園區山椒魚族群分布範圍。
2. 一年四次(雨季調查)對上述區域(玉山園區)進行族群監測和個體標記、微棲地的資料以及建立監測的技術，建立玉山園區山椒魚監測模式，以便日後可進行長期的監測工作。
3. 配合玉山北峰測候所長期氣候資料與玉管處塔塔加地區的微氣候站資料，包括氣溫、濕度的微氣候記錄，比對及長期監測這些山椒魚族群的變動。
4. 探討玉山園區山椒魚的族群生態與氣候的關係，以做為日後玉山國家公園保育經營管理的依據。
5. 調查玉山國家公園園區八通關至中央金礦地區登山路線上的山椒魚族群的分布範圍，並嚐試選定位於高山保育志工巡查路線上1至2個長期監測點。

## 第二節 文獻回顧

全球環境變遷 (global change) 是目前世界各國都相當重視的議題。尤其氣候暖化已影響到動植物的生態。Root et al. (2003)<sup>1</sup>認為氣候暖化造成物種的特色改變可能有下列四種類型：(1)物種的族群的密度發生改變，以及物種的分布範圍向高緯度或高海拔分布，即物種分布的範圍仍舊是其代謝溫度耐受性極限的地區。(2)物種的生活史特性若是因為溫度改變而啟動者(例如遷徙、開花或產卵的時間)出現的時間(生物時序，Phenology)產生更換。(3)形態的改變，如體型大小、行為發生改變等。(4)族群遺傳上基因的頻率可能產生

---

<sup>1</sup> Root T. L., Price J. T., Hall K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig C., Pounds J. A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.

改變。對於植物及動物對全球氣候變遷的反應評估的結果：近 700 種植物中的 62% 改變開花期，而 450 種動物的 80% 改變了他們的分布界限，而改變的方向一如預期中的方向<sup>23</sup>。

因為兩棲類的生物特色強烈地受到環境溫度和濕度的控制，故氣候暖化對牠們的影響特別受到重視。在生物氣候學改變的例子中，如在英格蘭南部二個地區對於兩種蛙類及三種有尾類(Caudates)的研究指出，從 1979 年至 1994 年牠們呈現產卵期逐漸提早的現象，而這種型式與冬天及春平均溫度的增加相關<sup>4</sup>。紐約地區的四種蛙類其求偶鳴叫在 1990 年至 1999 年的時間較 1900 年至 1912 年的時間早了 10 至 13 天，這也與一個世紀以來平均每日最高溫的增加有關<sup>5</sup>。相較之下，Blaustein et al. (2001)<sup>6</sup>回顧了數十年來北美四種無尾類的求偶鳴叫時間卻未有明顯繁殖期提早的現象。而形態的改變的例子有紅背無肺螈(*Plethodon cinereus*)族群中體色型頻率的改變<sup>7</sup>。此研究綜合了 1908 至 1994 年近 558 個地點文獻及學者中未發表的野外記錄中色型的比例。結果呈現較適應冷涼微棲地的條紋體色型個體分布的經度、緯度及海拔逐漸升高，並且分布範圍逐漸的減少(原分布範圍的 74-80%)。他們認為地區性的氣候暖化加以森林的干擾足以造成在過去一世紀來物種形態的演化。兩棲類是否可以對現今氣候變遷的程度及速率產生演化上的適應仍舊未知。這個現象是特別重要的，因為瞭解此種現象可以提供我們當兩棲類面對進行中的氣候變化的類似狀況時預期產生的結果。

要找出物種與氣候暖化之相關性，包括了以下數種方法：(1)野外觀察並結合歷史記錄、(2)以野外為基礎的相關性研究、(3)實驗室內研究、(4)野外

<sup>2</sup> Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.

<sup>3</sup> Parmesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.

<sup>4</sup> Beebee TJC. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 374:219-220.

<sup>5</sup> Gibbs JP, Breisch AR. 2001. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900-1999. *Conservation Biology* 15:1175-1178.

<sup>6</sup> Blaustein AR, Belden LK, Olson DH, Green DM, Root TL, Kiesecker JM. 2001. Amphibian breeding and climate change. *Conservation Biology* 15:1804-1809.

<sup>7</sup> Gibbs JP, Karraker NE. 2006. Effects of warming conditions in Eastern North American forests on red-backed salamander morphology. *Conservation Biology* 20(3): 913-917.

試驗。

野外觀察結合歷史數據的方法通常用於探討物種分布如何受到氣候變遷的影響<sup>8</sup>，藉由比較物種現今的分布與歷史上的分布，以檢視是否有族群下降的趨勢，接著再檢測假設的因果機制的預測與空間分布下降現象的關聯性，然後以統計方法比較不同模型的觀察值與預期值間的相符程度。這種策略的優點是能夠包括一物種的全部分布地點，防止過份依賴少數研究地點的數據，同時也能夠模擬及評估族群下降的不同假說。除此之外，空間分布型的分析是種評估族群下降原因相對較快且有效力的方法，這種方法利用了已經存在於博物館或者近期調查中龐大的分布資料，然後再整合已存在地理資訊系統(GIS)中有關土地利用、海拔及其他因子的訊息。

野外監測法以幾個樣區的長期監測資料為主，研究上先進行族群統計分析(demographic analysis)來找出影響族群存續的重要存續率(vital rate)，如成體存活率(adult survival rate)、幼體存活率、繁殖力(fecundity)...等因子中何者是對族群存續最重要的。若成體存活率最重要，則估算各年度的成體存活率，然後再將各種氣候變遷的因子與成體存活率作相關分析。而氣候因子可依據動物的特性來考量，如龜類可以有冬天最低溫、夏季溫度、夏季降雨量、春季溫度、春季降雨量...等<sup>9</sup>。鳥類中也有類似的作法，例如在南極洲對帝王企鵝(*Aptenodytes forsteri*)與雪海燕(*Pagodroma nivea*)的長期監測研究中<sup>10</sup>，成體存活率為最重要族群存續的因子，而將每年成體存活率的數值與氣候因子(海冰濃度、氣溫、南半球波動指數(SOI))等進行相關分析，得到帝王企鵝的存活率與海冰濃度負相關、也與氣溫負相關結果，推論全球暖化會對帝王企鵝造成負面影響，但是雪海燕的存活率則與氣候因子無關。南方管鼻護(*Fulmarus glacialisoides*)，也經由類似的分析，得到海冰範圍與族群變動相關

---

<sup>8</sup> Davidson C, Shaffer HB, Jennings MR. 2001. Declines of the California Red-legged Frog: Climate, UV-B, Habitat, and Pesticides Hypotheses. *Ecological Application* 11(2): 464-479.

<sup>9</sup> Converse SJ, Iverson JB, Savidge JA. 2005. Demographic of an Ornate Box Turtle Population Experiencing Minimal Human-induced Disturbances. *Ecological Application* 15(6): 2171-2179.

<sup>10</sup> Jenouvrier S, Barbraud C, Weimerskirch H. 2005a. Long-term contrasted responses to climate of two Antarctic seabird species. *Ecology* 86: 2889-2903.

的結果<sup>11</sup>。

實驗室內研究法，將動物飼養在實驗室內以不同溫度來處理，測量其體長、體重...等之差異。例如對鮑魚(*Haliotis rufescens*)的研究<sup>12</sup>，既是以不同海水溫度來飼養，再看不同溫度下鮑魚的殼長、總重、性腺成熟度、疾病感染度、形態改變等。

野外試驗研究法是將主要測試的動物飼養在野外，然後以不同程度的因子來處理，探討因子對存活率的影響。Kiesecker & Blaustein (1995)<sup>13</sup>就利用此種方式來研究，他們將蟾蜍及青蛙的卵團放在野外人工設置的塑膠水池中，分別以不同的水深(代表不同的程度的紫外線照射)、不同的黴菌感染量來處理，試驗結果紫外線照射量的增加與黴菌感染的共同效應，會使蛙卵大量死亡，進而推測這兩個因子可能是全球兩棲類大量消失的主因。

本研究的特性上，並非進行試驗研究，因此後兩種分析法不列入考慮。野外觀察結合歷史數據的方法則缺少有系統的歷史資料無法進行。因此在數據分析上建議日後玉管處可考慮野外監測相關性研究來進行。

---

<sup>11</sup> Jenouvrier S, Barbraud C, Cazelles B, Weimerskirch H. 2005b. Modelling population dynamics of seabirds: importance of the effects of climate fluctuations on breeding proportions. *Oikos* 108: 511-522.

<sup>12</sup> Vilchis LI, Tegner MJ, Moore JD, Friedman CS, Riser KL, Robbins TT, Dayton PK. 2005. Ocean Warming Effects on Growth, Reproduction, and Survivorship of Southern California Abalone. *Ecological Application* 15(2): 469-480.

<sup>13</sup> Kiesecker JM, Blaustein AR. 1995. Synergism between UV-B radiation and a pathogen magnifies amphibian embryo mortality in nature. *PNAS* 92:11049-11052.

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

## 第二章 材料與方法

### 第一節 研究物種

在玉山登山步道沿線依據 Lai & Lue (2008)<sup>14</sup> 及本計畫之前趨計畫的調查都顯示此地區僅有一種山椒魚，即阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis* Maki)。以下簡單介紹阿里山山椒魚的基本資料。

#### 一、分類地位：

阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis* Maki)屬於兩生綱(Amphibia)、小鯢科(Hynobiidae)、小鯢屬(*Hynobius*)的種類。本屬現有 32 種，分布在台灣、日本、韓國、中國及俄屬遠東地區，台灣為本屬分布的最南界。本種原先被認為是與台灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)為同物異名(synonym)，爾後經過遺傳方面的證據及形態上的特殊性證實為獨立種<sup>15</sup>。

#### 二、形態特徵(圖 2-1)

體型細長，成體吻肛長 5.0-6.5 cm，全長約為 11 公分。體背面一致黑棕色、棕色或紅棕色。腹部棕色或灰棕色。除了頭及肋間溝區之外，全身均勻密布小的黃色腺點。體背及側面有時會有白色小斑塊。頭部較小，扁平狀，長大於寬。吻端鈍圓，外鼻孔近吻端。眼大而突出，位於頭部前側約三分之一處。耳腺略為顯著。四肢長，指趾亦長，前後肢在側壓時前後趾接觸。第二指最長，第四指最短，後肢五趾，第五趾最短，有些個體退化成小突起狀。肋間溝 12-14 條(含前後腳基部)。尾略短，圓筒狀，後方 1/3 側扁，末端尖。

#### 三、生態習性

棲地非常多樣，從高山寒原至遮蔭密布的常綠林底層，通常在溪流、冷泉及滲水處附近發現。白天時，個體躲藏在石頭或朽木或其他遮蔽物下。繁殖期在冬末春初，為體外受精的種類。

<sup>14</sup> Lai JS, Lue KY. 2008. 2008. Two new *Hynobius* (Urodela: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64(1): 63-80.

<sup>15</sup> Lai JS, Lue KY. 2008. 2008. Two new *Hynobius* (Urodela: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64(1): 63-80.

圖 2-1、阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis*)。



#### 四、地理分布

阿里山山椒魚分布在中央山脈、玉山山脈及阿里山山脈海拔 1800 至 3800 公尺。已知最北分布點為丹大山，最南為北大武山，依據本實驗室整理的初步分布圖見圖圖 2-2

#### 五、保育等級

依據 98 年 4 月 1 日生效的最新保育類野生動物名錄，阿里山山椒魚列為保育類第 I 級的物種，即瀕臨絕種野生動物。

圖 2-2、阿里山山椒魚在台灣的分布圖。

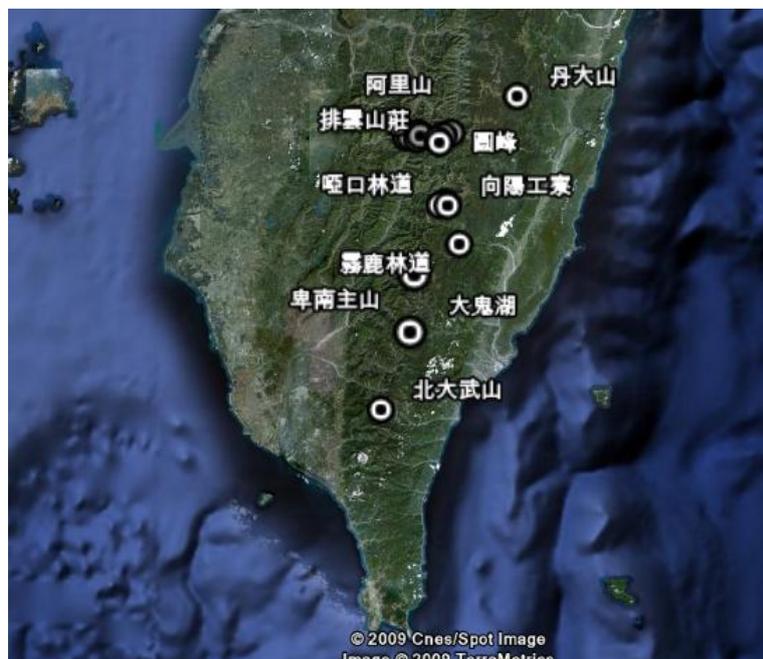
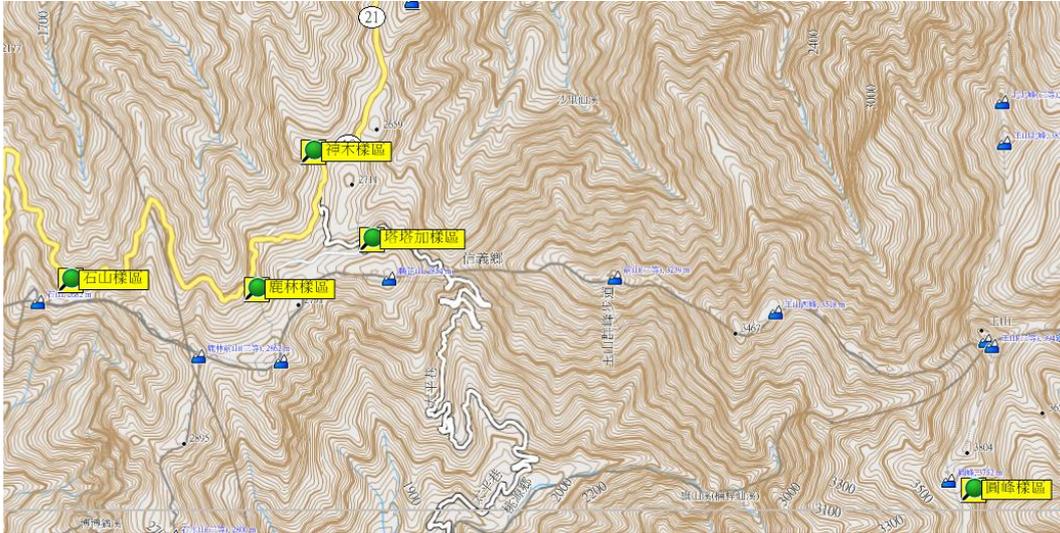


圖 2-3、玉山步道沿線山椒魚監測樣區位置圖。



## 第二節 玉山步道沿線山椒魚調查與監測

### 一、調查地點

沿著新中橫及排雲登山步道為調查主線設置五個固定樣區，包括石山樣區、鹿林樣區、神木樣區、塔塔加樣區與圓峰樣區(圖 2-3)。葉(1991)<sup>16</sup>的監測調查中，包括了其中四個(圓峰樣區未包括其中)。由於山椒魚的移動性很低，除非大面積的地形地貌改變如道路工程改變原棲地的樣式，否則在一般認為高干擾性的道路兩旁仍舊會有族群的存在，因此我們選擇這幾個樣區。今年度的樣區描述如下：

**石山樣區(圖 2-4)：**位於新中橫公路石山服務區道路對面長約為 300 公尺的向陽坡地，坡度約為 60 度，石塊零星分布在邊坡上。但邊坡岩塊有滲出之泉水，水量很小，滲出的水積存在水溝中。本樣區海拔高度為 2500 公尺。

<sup>16</sup>葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。

圖 2-4、石山樣區。



鹿林樣區(圖 2-5)：位於新中橫公路玉山國家公園鹿林山步道旁，此地最顯著的標的物為一儲水設施，此設施旁為一溪流，此溪流在設施旁為有水狀態，以下則呈現乾涸。樣區周圍有灌木及草本植物生長，海拔高度為 2620 公尺。本樣區八月後受莫拉克風災之影響，完全毀損，其中危石處處，為顧及調查人員安全，故未再進行調查(圖 2-6)。

圖 2-5、鹿林樣區。

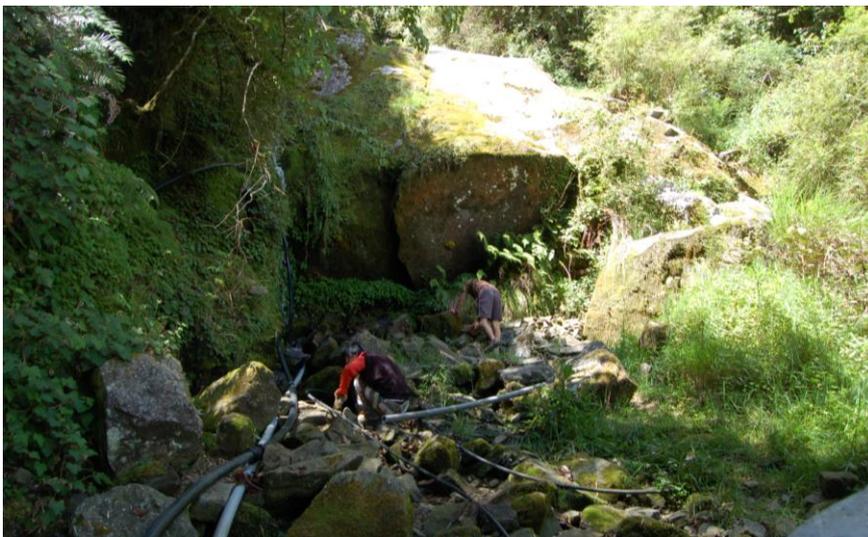


圖 2-6、鹿林樣區之現況。



圖 2-7、神木樣區。



**神木樣區(圖 2-7)**：樣區範圍從神木林道入口至步道崩塌處。林道已呈荒廢之狀態。樣區內由一溪流貫穿，在步道與溪流第一次的交會點後開始可以發現山椒魚。溪流與步道的第二次交會點後分流，一個直接往下方流動，另一則沿著步道流，直至步道崩塌處再往下方流動。步道上雜草叢生，唯有水源附近較為稀少。本樣區於莫拉克風災後，形成兩處坍方，然而崩塌未覆蓋到山

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測（1/3）

椒魚主要出現的水源，故影響較小。

**塔塔加樣區(圖 2-8)**：範圍由大鐵杉至塔塔加登山口，監測地區以道路兩側為主，總長度約 1.6 公里。而此範圍內有二條季節性乾涸的溪流分別位於大鐵杉附近及大鐵杉往登山口約 600 公尺處。而道路邊坡上有多處的天然滲水，使此地的邊坡保持溼潤的狀態，大部份的山椒魚發現於邊坡上。本樣區在莫拉克後，未見到明顯的地形地貌改變。

**圓峰樣區(圖 2-9)**：此地為荖濃溪之源頭之一。樣區內僅有禾本科草類，雜有川上氏薊、玉山小蘗、玉山山蘿蔔，而刺柏及玉山杜鵑等灌木呈現低矮狀間雜其間。本樣區於風災後，亦未見明顯地形地貌改變。

## 二、調查方法

我們使用範圍限制尋找法(Area-Constrained Survey, ACS)，即在翻找每個樣區內所有山椒魚可能躲藏的地表遮蔽物(如石塊或枯倒木)，仔細檢視遮蔽物下是否有山椒魚。若發現山椒魚則立即將其捕捉，放入保存袋內，並於袋內置入植物防止山椒魚被擠壓受傷。接著進行棲地紀錄、個體測量及標放。

圖 2-8、塔塔加樣區。



圖 2-9、圓峰樣區。



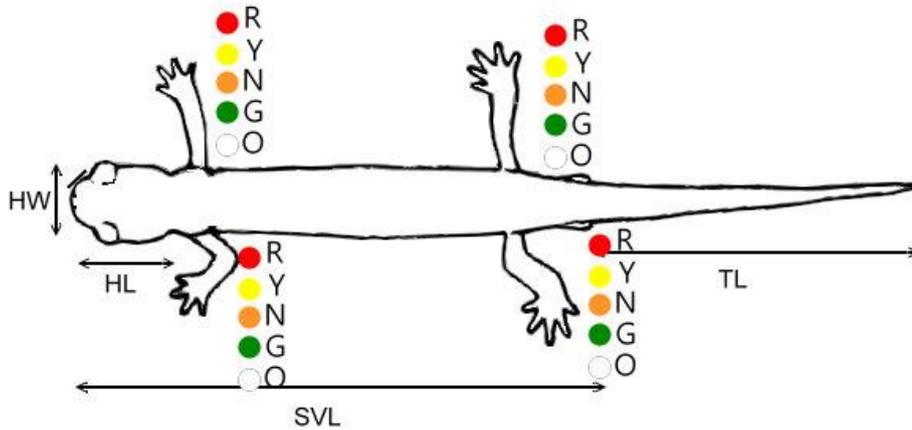
**遮蔽物溫度及基質溫度：**測量的溫度有二，一為遮蔽物溫度(Temperature of cover objects,  $T_c$ )，一為基質溫度(Temperature of substrate,  $T_s$ )。遮蔽物溫度是將溫度計的探針接觸遮蔽物的表面，一分鐘後待溫度值穩定後記錄溫度值。基質溫度的測量則是保持遮蔽物在翻開前的狀態下，將探針放入基質中，一分鐘後待溫度值穩定後記錄溫度值。以上溫度的測量使用 EZDO YC-811 電偶型溫度計。

**遮蔽物：**記錄遮蔽物的類型(石頭或木頭)等，遮蔽物的長度、寬度及高度，遮蔽物上覆蓋的植物類別(苔類、蘚類或草本植物)。記錄完畢後進行拍照存檔，便於回實驗室後再行確認。

**基質：**記錄遮蔽物下基質的主要組成，類別概分為泥土、碎石、腐植質及植物根系，當然亦有混合類型。另外亦記錄基質是否有明顯可見的水。記錄完後拍照存檔。

**形值測量與標記：**接著將山椒魚於 1% benzocaine 溶液中麻醉，測量吻肛長(SVL)、尾長(TL)、頭長(HL)及頭寬(HW)(圖 2-9)，並且測量體重。我們使用軟性螢光標記(VIE tags)來進行標放，標記的方法是在四肢及尾部腹面分別打上不同的螢光標記，再依五個位置的色彩組合來辨認個體，依此系統共可得到  $5^5$ (5 種色彩-5 個位置)=3125 種色彩組合，選擇此法而不用剪趾標記法是期望能避免造成再捕率降低 (Clark,1972) 或體重減輕 (Daugherty, 1976) 等生

圖 2-10、山椒魚測量之形值與色標編號位置。



(代號 SVL：吻肛長；TL:尾長；HL：頭長；HW：頭寬；R：紅色；  
Y：黃色；N：橘色；G：綠色；O：無色。)

圖 2-11、樣區微氣候記錄裝置圖。長筒形為溫濕度記錄器，方形為溫度及照度記錄器。



理及行為上的影響，但是對幼體則為不進行螢光標記。標記完後將個體的背腹面拍照以利後續辨視比對，然後放入清水中待其甦醒後再釋放回原先捕捉之遮蔽物下。

微氣候記錄：在樣區中以 HOBO ProV2 temp/RH 記錄每 30 分鐘樣區的溫度

及濕度值，同時也以 HOBO Pendant temp/light 記錄每 30 分鐘樣區的溫度及照度的數值。微氣候記錄裝置的設置如圖 2-11。

### 三、調查時程

計畫我們按照預定進度完成野外調查，四次調查的時間為四月底、六月、十月中、十一月底。八、九等二個月本是山椒魚的主要活動時期，但是受到莫拉克風災後道路不通的影響，致使調查期程往後順延。而在每個樣區調查時，記錄調查的開始時間及結束時間，以進行單位努力捕獲量的估算。

### 四、數據分析

捕獲個體數、遮蔽物類型、遮蔽物上覆蓋植物、遮蔽物體積、基質類型、體型(吻肛長)等以隻數(頻率)進行比較。而吻肛長 50 mm 以上者視為成體<sup>17</sup>，25 mm 以下者為幼體，介於二者之間的為亞成體。單位努力捕獲量的計算方式為將捕獲個體數除以調查人數再除以調查小時數。遮蔽物溫度與基質溫度之間的差異以 paired-t test 檢測之。

氣候因子的分析上，將置放於樣區中的溫濕度記錄器中的數據讀出，求出每日的平均溫度及平均濕度。將單位努力捕獲量分別與調查日平均溫度及平均濕度作相關分析。接著再分析存活率與溫濕度之間的相關性，為得到存活率的估算值，則需將存活機率及捕獲機率模型化。依據 Cormack-Jolly-Seber model<sup>18</sup>，我們將通用模型與幾個減參數模型進行比較，具有最低 AIC 值者視為最能適配數據的模型<sup>19</sup>。因為本調查僅進行一年，因此將存活率( $\Phi$ )的備選模型(alternative models)只有每次不同及恆定二種，而且也僅分析成體。發現

---

<sup>17</sup> 賴俊祥、呂光洋，2007，阿里山地區阿里山山椒魚的分布與族群監測。BioFormosa 42(2): 105-117。

<sup>18</sup> Lebreton JD, Burnham KP, Clobert J, Anderson DR. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. Ecol. Mono. 62: 67-118.

<sup>19</sup> Williams BK, Nichols JD, Conroy MJ. 2001. Analysis and management of animal populations. Academic Press, San Diego, California, USA.

圖 2-12、八通關地區山椒魚分布調查之範圍圖。



率(p)則亦為每次不同及恆定二組。模型的比較與選擇使用軟體 MARK<sup>20</sup>。

### 第三節 八通關地區山椒魚分布調查

#### 一、調查地點

沿著東埔至八通關登山步道為調查主線，主要調查地點為八通關、巴奈伊克山屋及中央金礦等三處(圖 2-12)。

#### 二、調查方法

在這些調查區沿途潮溼有水的適當地點以徒手翻找的方式，翻找調查地點中山椒魚所有可能躲藏的地表遮蔽物。尋獲山椒魚後，紀錄其微棲地、個體形值並拍照其形態體色，然後再釋放回原地。調查同時持衛星定位儀(GPS)將發現山椒魚的位置定位。

<sup>20</sup> White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46(Supplement): 120-138.

**三、調查時程**

我們按照預定進度赴野外進行調查，調查的日期為 98 年 5 月 11 至 14 日。

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

### 第三章 結果與討論

#### 第一節 玉山步道沿線山椒魚調查與監測

##### 一、捕獲數量

調查期間總計調查共捕獲 77 隻次山椒魚，其中 3 隻為再捕獲，因此計畫迄今共標放了 74 隻。各樣區的捕獲數方面，石山樣區未捕獲任何山椒魚，而鹿林樣區僅在六月捕獲 7 隻(圖 3-1)，之後整個樣區被颱風帶來的洪水摧毀。此樣區之單位努力捕獲量(Catch per unit effort, CPUE)在 6 月為 0.583 隻/人.小時(表 3-1)。神木樣區四次調查的捕獲數為 6 隻、12 隻、5 隻及 2 隻，共 25 隻，其中 2 隻為再捕獲(圖 3-2)；單位努力捕獲量最高為 6 月的 1.5 隻/人.小時，最低為 11 月的 0.4 隻/人.小時。神木樣區是唯一在十一月有捕獲山椒魚的樣區。

圖 3-1、鹿林樣區山椒魚捕獲量圖。

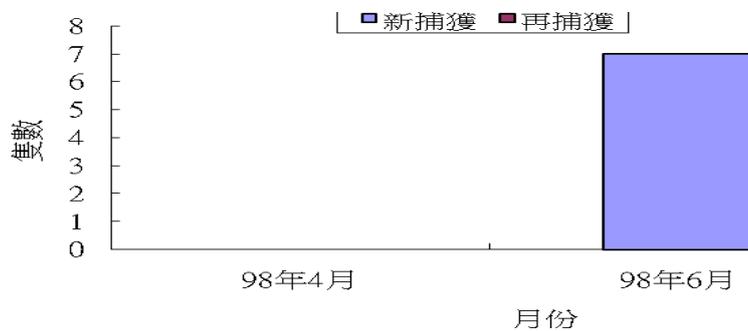


圖 3-2、神木樣區山椒魚捕獲量圖。

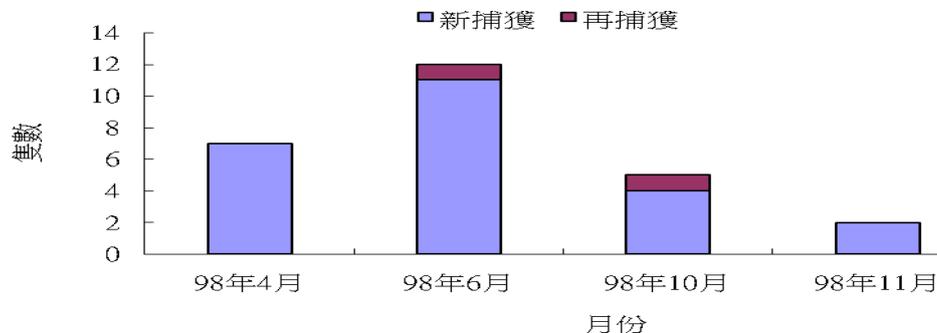


表 3-1、各樣區各月份單位努力捕獲量。

| 月份\樣區  | 鹿林   | 神木   | 塔塔加  | 圓峰   |
|--------|------|------|------|------|
| 98年4月  | 0.00 | 1.12 | 0.60 | 1.00 |
| 98年6月  | 0.58 | 1.50 | 1.50 | 1.08 |
| 98年10月 | ---  | 1.00 | 0.60 | 1.30 |
| 98年11月 | ---  | 0.40 | 0.00 | 0.00 |

(單位:隻/人.小時)

圖 3-3、塔塔加樣區山椒魚捕獲量圖。

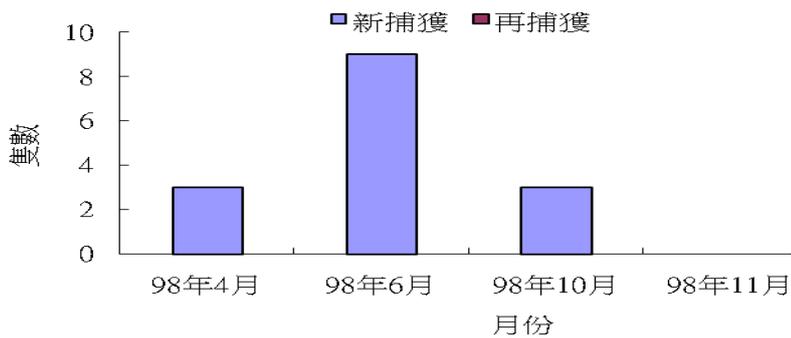


圖 3-4、圓峰樣區山椒魚捕獲量圖。

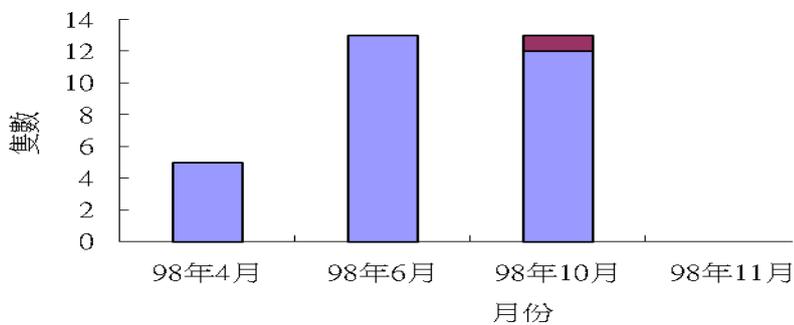
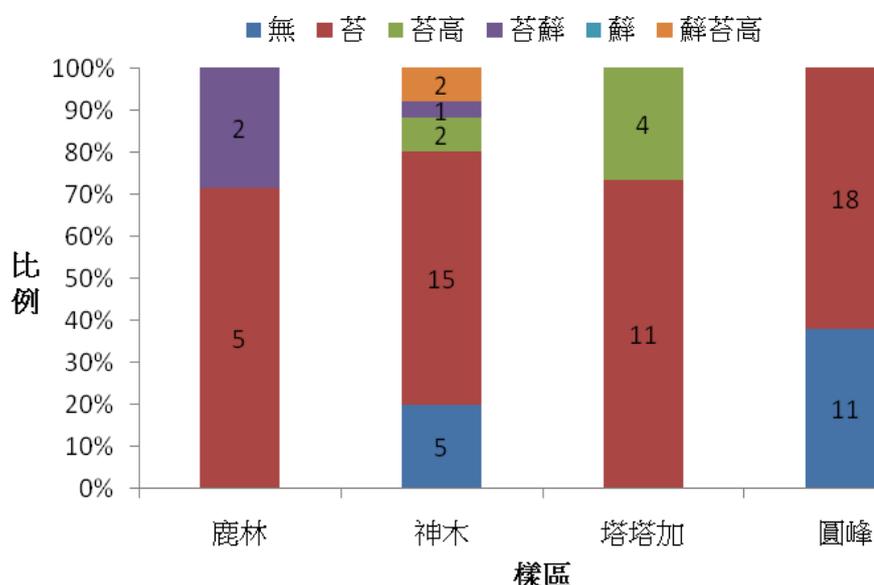


圖 3-5、各樣區山椒魚利用之遮蔽物上覆蓋植物的類別比例圖。



(柱狀圖內之數字為樣本數)

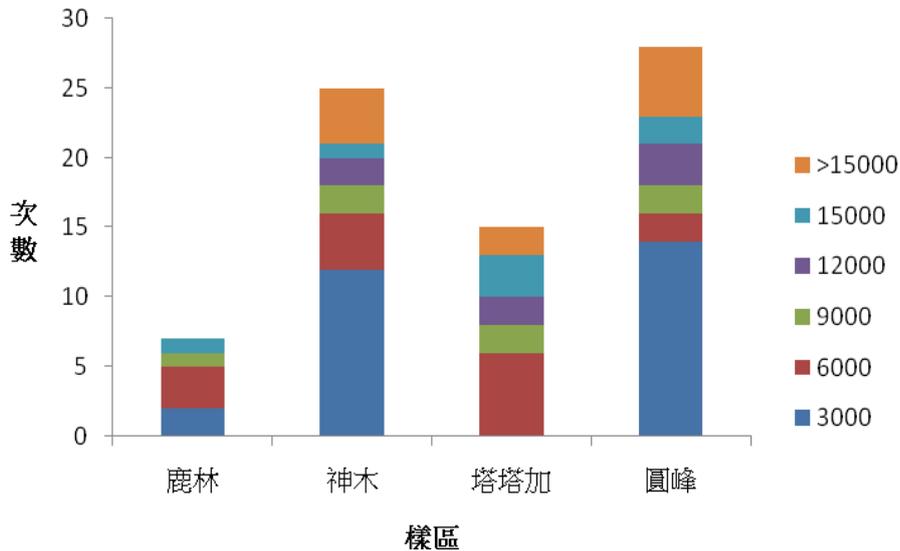
塔塔加樣區為 3 隻、9 隻、3 隻及 0 隻，共 15 隻，沒有再捕獲的個體，單位努力捕獲量同樣以 6 月(1.5 隻/人.小時)最高，11 月沒有捕獲最低。圓峰樣區則為 5 隻、13 隻、12 隻及 0 隻，共捕獲 30 隻，其中 1 隻為再捕獲。前三次的調查單位努力捕獲量皆在 1 隻/人.小時以上，以 10 月最高為 1.3 隻/人.小時，但 11 月因氣候乾燥，沒有捕獲的個體。

## 二、山椒魚利用的微棲地

**遮蔽物：**幾乎所有山椒魚皆在石頭下發現，僅有 1 隻個體是在枯倒木下發現。

**遮蔽物上覆蓋植物：**大部分發現山椒魚的遮蔽物上都會有植物覆蓋(圖 3-5)，最主要的是苔類，這些苔類有些只是部分覆蓋遮蔽物，有些則是全部覆蓋。苔類覆蓋程度再高一點的，在比較潮溼的環境會再有地錢蘚等植物混生，若石塊上有積土者會有草本植物附生其上。而圓峰樣區的遮蔽物沒有覆蓋任何植物的比例較高，而其餘三個樣區則比例很低。這種現象的成因仍有待收集更多的數據再進行探討。

圖 3-6、各樣區山椒魚利用之遮蔽物體積值的頻率圖(單位:  $\text{cm}^3$ )。

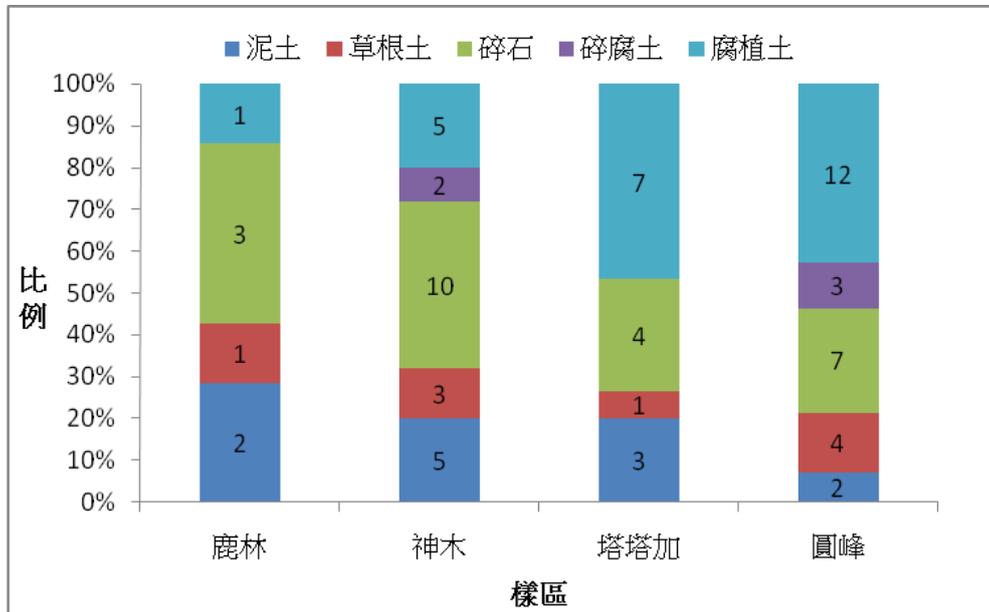


**遮蔽物的體積：**發現山椒魚的遮蔽物體積範圍從 400 至 437500  $\text{cm}^3$ ，體積最大的遮蔽物為一截大型枯倒木，其餘皆為石塊，最大石塊體積為 38976  $\text{cm}^3$ 。圖 3-6 中顯示遮蔽物體積在 6000  $\text{cm}^3$  以下較常發現山椒魚。分析山椒魚吻肛長與遮蔽物體積的相關性，不論是原始體積值( $r=0.182$ )或體積的對數值( $r=0.348$ )皆呈現低度正相關，因此就現有的數據而言，略呈現體型較大山椒魚利用較大遮蔽物的現象。

**基質類型：**遮蔽物下的基質有腐植土、碎石、草根土(基質中有草根)、碎腐土(碎石與腐植都有的泥土)及泥土(單純土壤)(圖 3-7)。山椒魚主要利用腐植土、碎石及泥土三類，但各族群的比例不同。鹿林族群利用碎石比例高，而圓峰族群使用草根土的比例高，然而整體的趨勢仍有待收集更多的資料。

**遮蔽物溫度與基質溫度：**調查期間遮蔽物溫度的平均值為  $16.92 \pm 2.81^\circ\text{C}$ ，基質溫度為  $14.12 \pm 2.40^\circ\text{C}$ ，以成對 t 檢測(paired t-test)顯示遮蔽物溫度顯著高於基質溫度( $t_{48}=7.27$ ,  $p<0.001$ )。遮蔽物平均溫度以鹿林樣區最高( $18.1^\circ\text{C}$ )(圖 3-8)，最低為塔塔加樣區( $15.3^\circ\text{C}$ )；基質溫度平均值最高也是鹿林樣區( $15.8$

圖 3-7、各樣區山椒魚利用之基質類別比例圖。



(柱狀圖內之數字為樣本數)

圖 3-8、各樣區山椒魚棲息微棲地之溫度平均值圖。

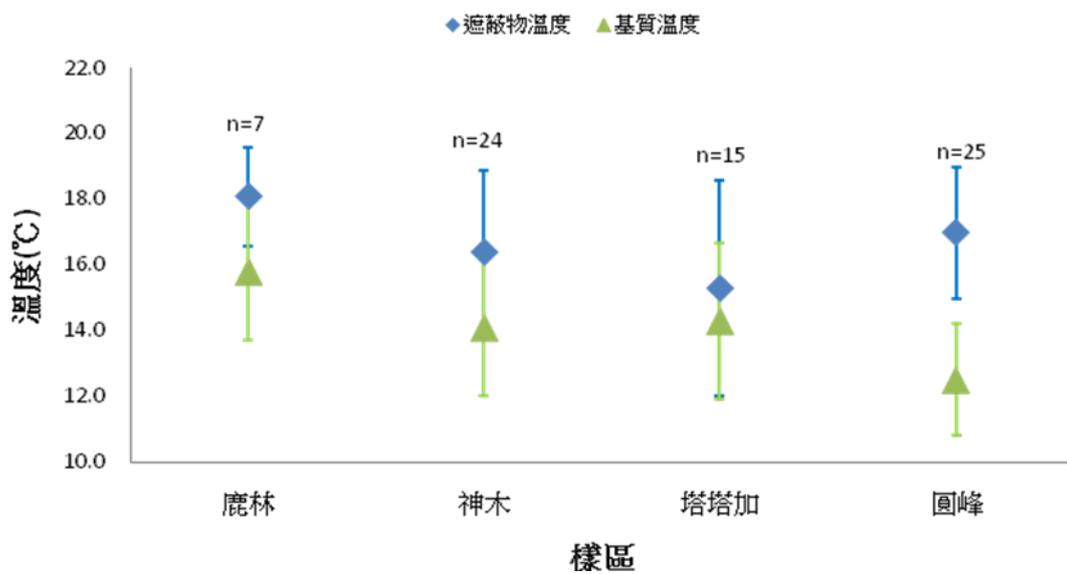
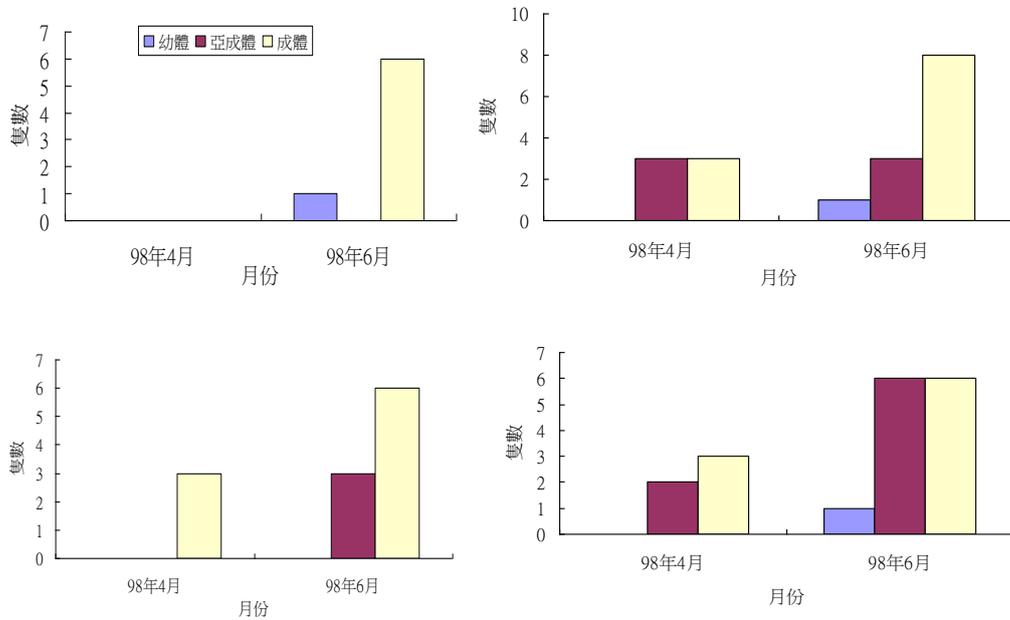


圖 3-9、各樣區捕獲山椒魚體型年齡層分布圖。(左上)鹿林樣區、(右上)神木樣區、(左下)塔塔加樣區、(右下)圓峰樣區。



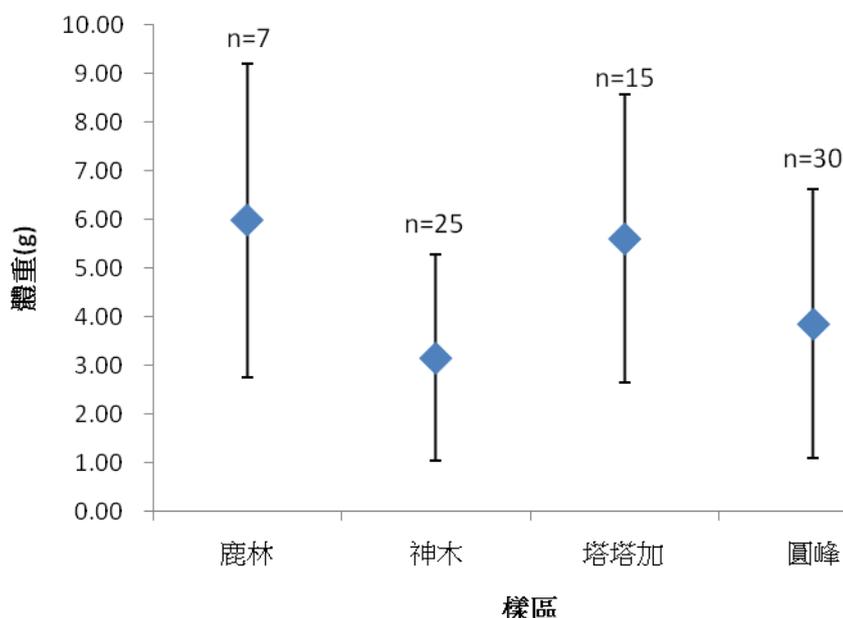
°C)，最低為圓峰樣區(12.2°C)。成對 t 檢測顯示除塔塔加樣區( $t_{11}=1.79$ ,  $p>0.05$ )之外，其餘各樣區的遮蔽物溫度顯著高於基質溫度(鹿林  $t_6=5.76$ ,  $p<0.001$ ; 神木  $t_{16}=5.61$ ,  $p<0.001$ ;  $t_{12}=5.71$ ,  $p<0.001$ )。

### 三、山椒魚的形值

各樣區捕獲山椒魚的體型分布如圖 3-9。我們將山椒魚依體型分為三個年齡層，吻肛長小於 25 mm 者為幼體(metamorph)，吻肛長大於 50 mm 為成體，而亞成體(subadult)則是吻肛長介於二者之間者。樣區內捕獲個體以成體為主，亞成體的出現量較少，幼體則極為稀少。

今年度 6 月底於圓峰樣區的調查，我們發現了山椒魚的卵。發現卵的環境為小溪流中的石塊下。此石塊的大小為 28x8x8 cm，當時的水溫為 8.5°C。在圓峰地區，本實驗室曾在 81 年 4 月於此地發現山椒魚之水生幼體(aquatic larvae，亦可稱為蝌蚪) 山椒魚的卵並不是容易發現，台灣的山椒魚現今僅有一篇正式的文獻描述到台灣山椒魚及楚南氏山椒魚的卵。阿里山山椒魚的卵

圖 3-10、各樣區捕獲之山椒魚體重平均值圖。



則沒有正式的紀錄。

各樣區捕獲之山椒魚其體重平均值比較見圖 3-10。平均體重最高為鹿林族群( $5.99 \pm 3.22$  g)，最低為神木族群( $3.58 \pm 2.24$ )。

### 三、氣候因子與族群之關係

**溫溼度對單位努力捕獲量：**依將單位努力捕獲量與調查當日平均溫度及平均濕度作相關分析，在神木樣區溫度與單位努力捕獲量呈無相關( $r=0.056$ )、濕度亦呈無相關( $r=0.042$ )，而圓峰樣區溫度與單位努力捕獲量呈正相關( $r=0.466$ ,  $p=0.533$ )，由於  $p$  值大於 0.05，表示這個相關性在統計上是不存在的。而濕度與單位努力捕獲量則無相關( $r=0.036$ )。

**溫溼度對成體存活率分析：**由於僅有神木樣區有再捕獲的成體，圓峰樣區的再捕獲為幼體，塔塔加則無再捕獲，故本項分析僅以神木樣區的族群分析。存活率及捕獲率模型比較的結果見表 3-2，具有最低 AIC 值的最適配數據的模型為「存活率恆定、捕獲率恆定」 $\{\Phi(.) p(.)\}$ ，因為與其他模型的 AIC 差異值達 4 以上，故為最佳模型，這表示存活率在調查期間是恆定的。估算的存

**表 3-2、神木樣區族群存活率( $\Phi$ )及捕獲率( $p$ )的模型選擇及 AIC 值，包括了時間效應( $t$ )及恆定值(.)。**

| 存活率       | 捕獲率     |         |
|-----------|---------|---------|
|           | $p(t)$  | $p(.)$  |
| $\Phi(t)$ | 25.8587 | 22.4617 |
| $\Phi(.)$ | 22.4617 | 18.0536 |

**表 3-3、神木樣區族群存活率( $\Phi$ )及捕獲率( $p$ )的估算值表。**

|             | 存活率   | 捕獲率   |
|-------------|-------|-------|
| 第 1 次至第 2 次 | 0.167 | 1.000 |
| 第 2 次至第 3 次 | 0.090 |       |
| 第 3 次至第 4 次 | 0.000 |       |

(註：模型  $\Phi(t)p(.)$ )

活率為 0.090，捕獲率 1.000。由於僅有一個數值無法與氣候因子進行相關分析，故再選取「存活率時間變動、捕獲率恆定」 $\{\Phi(t) p(.)\}$ 來估算其存活率，結果如表 3-3。分析所得到的存活率估算值皆不高，皆在 0.2 以下。將存活率分別對調查當日的氣溫及溼度作相關分析，存活率和調查當日平均溫度數值呈正相關( $r = 0.5788$   $p=0.6070$ )，但因為  $p$  值大於 0.05，表示相關性不存在。存活率與濕度亦呈現相同的情形( $r=0.263$ ,  $p = 0.8300$ )。以上的分析都是非常初步的估算，因為監測時間尚短，累積的數據不足以達成統計上的強度。未來仍需持續的收集資料。

## 第二節 八通關地區山椒魚分布調查

### 一、捕獲數量

八通關地區的山椒魚分布調查在 98 年 5 月 11 至 14 日進行一次，主要調查人員除本實驗室人員外也包括了玉山國家公園高山保育志工。調查行程從東埔開始，經過觀高，再至八通關、巴奈伊克山屋及中央金礦。在這些地點尋找後，在八通關及巴奈克山屋這二處找到山椒魚。二個地點捕獲之數量分別為八通關 2 隻，巴奈伊克山屋 1 隻。

八通關捕獲的山椒魚中 1 隻為亞成體(圖 3-11)，另 1 隻為成體(圖 3-12)，兩隻個體身上可見明顯白色斑紋。巴奈伊克山屋捕獲者為成體(圖 3-13)，身上沒有明顯斑紋。

圖 3-11、八通關捕獲之山椒魚亞成體。



圖 3-12、八通關捕獲之山椒魚成體。



圖 3-13、巴奈伊克山屋捕獲之山椒魚成體。



### 第三節 討論

以捕獲量來看，本計畫的執行上有幾點需討論。第一是方法的合適性，我們在玉山主峰及新中橫一帶共設置了五個樣區，使用自然的界限(如崩壁、溪岸或步道終點)作為樣區的邊界，然後以範圍限制尋找法(Area-Constrained Survey, ACS)來對樣區內所有地表物進行翻找，這種尋找山椒魚的方法，在單位努力捕獲量約為 1 隻/人.小時，似乎並不是很高。Strain et al. (2009)曾比較過各種尋找溪岸陸棲蝾螈類的調查法，包括範圍限制尋找法(ACS)、覆蓋板法(cover board surveys)、圍籬陷阱法(drift fences with pitfall and funnel traps)、方格落葉層尋找法(quadrat leaf litter searches)與落葉袋法(leaf litter bags)。範圍限制尋找法平均每次找到 2.7 種蝾螈及 14.9 隻個體，顯著的高於其他的方法，只有在活動季節的早期及晚期，當所有方法捕獲量都很少時才会有捕獲數少於其他方法的現象。Strain et al. (2009)進一步分析各種方法找到一隻個體的平均費用，範圍限制尋找法也是所有方法中顯著最低者。他們的研究成果說明了範圍限制尋找法是尋找陸棲蝾螈類的最好方法。阿里山山椒魚在特性上與陸棲蝾螈類接近，因此研究的成果或許可以應用到阿里山山椒魚上，或者亦可對阿里山山椒魚進行相關測試。

石山樣區在今年度沒有任何捕獲，相較於葉明欽<sup>21</sup>調查一年捕獲 9 隻，呈現很大的差異。我們認為石山樣區的環境和當年相比應已從潮溼變為乾燥，特別是在翻找時，整年的期間，遮蔽物下的底質幾乎都呈現乾燥的狀態。而我們在這個樣區的調查中，屢次翻找到蛇類，也表示這個地區已是適合蛇類棲息的場所。不過，由於此樣區面積不大，且在住宿點旁邊，我們仍會持續監測。至於鹿林樣區因為天災而必需暫時放棄，待相關復原工作完成後，再視情況調查。

分析氣候因子與族群的關係的結果，雖有呈現正相關的情況，但在統計上這種相關性是不存在的，因此氣候的分析並沒有任何結果。原因當然是監測次數尚不多，無法產生明顯的趨勢。研究期間颱風造成的天災，改變了原先預定的監測頻率，可能使得在存活率的估算上失準。而異常天候造成的環境不穩定性，可能也無法立即反應在山椒魚的活動上。考量到物種存活率的估算需要更有強度的試驗設計，如可以使用 Pollock's robust design<sup>22</sup>，選定一個族群密集調查，每個月為主取樣期(primary sampling period)，連續 3 天取樣，可以得到較為準確的數據。因此，未來對於塔塔加及神木樣區將在山椒魚主要活動期採取這樣的方式來進行。

在文獻分析一節提到探討氣候暖化對動物的影響，方法之一是比較現今與歷史上的分布，很可惜的是台灣有關山椒魚的分布資料實在是有限，也較缺乏有系統的取樣及整理，無法如國外相關研究可以比較數十年的採集記錄。因此未來本計畫若在人力許可之下將嘗試對玉山國家公園內主要登山步道進行調查，除了已經預定要調查八通關地區外，將再向南延伸至國家公園界限之拉庫音溪地區，同時可向東延伸至大水窟山，另外玉山主峰線也可擴大至玉山群峰。這些地區將以一年一次於雨季調查來進行，同時調查方法將有一致的標準。希望能在未來兩年間得知阿里山山椒魚在玉山地區的分布，俾使往後之研究有比較之依據。

<sup>21</sup> 葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。

<sup>22</sup> Pollock, KH. 1982. A Capture-recapture Design Robust to Unequal Probability of Capture. *Journal of Wildlife Management* 46:757-760.

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

- 一、本調查尚處於初期階段，樣區的劃定及族群監測都已按預定進度完成，後續應可逐漸累積資料。
- 二、各樣區初步看來調查時能找到的數量還是相當稀少。
- 三、以少量的數量來分析氣候因子對山椒魚存活的影响，尚無法得到明顯的結果。
- 四、首次發現阿里山山椒魚的卵囊是相當珍貴的資料，在主峰附近的產卵地可說是全台最高的繁殖族群。

### 第二節 建議

#### 一、立即可行之建議

1. 八通關的山椒魚結合國家公園保育志工一起調查，得到初步的成果。  
國家公園應多鼓勵保育志工參予長期監測計畫。
2. 神木林道水源似乎有污染的情形，宜儘速處理。

#### 二、中長期建議

1. 增加分布調查地區，建立國家公園內山椒魚分布點的資料。
2. 塔塔加樣區及神木樣區增加監測頻率，期望得到較好的存活率估算值。
3. 設立山椒魚資訊網站，推廣山椒魚保育。

## 附錄、期中與期末審查意見處理情形

| 意見   | 處理方式  |
|--|---|
| <p>(一) 本案所有圖儘量寫上樣本大小 (sample size)，結果與討論中的內容應放在「建議」的部分，如中長期建議請加上簡報內容中有關「擴大監測區域，減少每個樣區的監測頻率」、「設立山椒魚資訊網站，推廣山椒魚保育」等等之內容，並應多討論如何回應到計畫的目標，才能提供玉管處中長期規劃參考。</p>                                       | <p>1. 未標示樣本數的圖已補上樣本數。<br/>2. 如建議事項，第 31 頁。</p>                    |
| <p>(二) 有關本案之英文請修正為「Population Monitoring of Alishan salamander (<i>Hynobius arisanensis</i>) along Yushan Hiking Trail and Investigating the Possible Impacts from Climatic Change (1/3)」。</p> | <p>如報告書封面</p>   |
| <p>(三) 永久樣區應在沒有干擾的地區，這樣才能永續監測，請再補充為何有干擾樣區和非干擾樣區之理由。</p>  | <p>說明如材料與方法。</p>  |
| <p>(四) 氣候變化資料有關環境因子部分請補充說明。另外，本案第 1 年資料雖無法探討到山椒魚族群生態與氣候之關係，然請增加一章節敘明或在文獻回顧中說明調查期間該族群與氣候之關聯依據為何。</p>  | <p>補充如文獻回顧一節，第 3 頁。材料與方法中數據分析，第 15 頁。結果中溫溼度對成體存活率分析段落，第 25 頁。</p> |
| <p>(五) 圓峰樣區發現阿里山山椒魚的卵，屬於正式紀錄，請在摘要的「重要發現」詳明，並請玉管處發布新聞稿提供民眾新知。</p>   | <p>見重要發現。玉管處已於網站發布。</p>   |
| <p>(六) 本案針對計畫的 5 個樣區進行調查與監測，建議能有對於各樣區之選址評估說明。</p>  | <p>如材料與方法。</p>  |

|   |              |
|---|--------------|
| <p>(七) 本報告未將評選會議、期中審查會議之審查意見列表納入該報告書之附錄中，建請補充修正之。並請將上述審查意見及辦理情形製表納入期末報告書之附錄中。</p> | <p>如本附錄。</p> |
|---|--------------|

## 參考書目

- Beebee T. J. C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* **374**:219–220.
- Blaustein A. R., Belden L. K., Olson D. H., Green D. M., Root T. L., Kiesecker J. M. 2001. Amphibian breeding and climate change. *Conservation Biology* **15**:1804–1809.
- Clark R. D. 1972. The effect of toe clipping on survival in Fowlers toad (*Bufo woodhousei fowleri*). *Copeia* 1972:182-185.
- Converse S. J., Iverson J. B., Savidge J. A. 2005. Demographic of an ornate box turtle population experiencing minimal human-induced disturbances. *Ecological Application* 15(6): 2171-2179.
- Daugherty C. H. 1976. Freeze-banding as a technique for marking anuras. *Copeia* 1976:836-838.
- Davidson C, Shaffer HB, Jennings MR. 2001. Declines of the California Red-legged Frog: Climate, UV-B, Habitat, and Pesticides Hypotheses. *Ecological Application* 11(2): 464-479.
- Gibbs J. P., Breisch A. R. 2001. Climate warming and calling phenology of frogs near Ithaca, New York, 1900–1999. *Conservation Biology* **15**:1175–1178.
- Gibbs J. P., Karraker N E. 2006. Effects of warming conditions in Eastern North American forests on red-backed salamander morphology. *Conservation Biology* 20(3): 913–917.
- Jenouvrier S, Barbraud C, Weimerskirch H. 2005a. Long-term contrasted responses to climate of two Antarctic seabird species. *Ecology* 86: 2889-2903.
- Jenouvrier S, Barbraud C, Cazelles B, Weimerskirch H. 2005b. Modelling population dynamics of seabirds: importance of the effects of climate fluctuations on breeding proportions. *Oikos* 108: 511-522.
- Kiesecker JM, Blaustein AR. 1995. Synergism between UV-B radiation and a

- pathogen magnifies amphibian embryo mortality in nature. PNAS 92:11049-11052.
- Lai JS, Lue KY. 2008. Two new *Hynobius* (Urodela: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. Herpetologica 64(1): 63-80.
- Parmesan C., Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- Pollock, KH. 1982. A Capture-recapture Design Robust to Unequal Probability of Capture. Journal of Wildlife Management 46:757-760.
- Root T. L., Price J. T., Hall K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig C., Pounds J. A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57-60.
- Strain G. F., Raesly R. L., Hilderbrand R. H. 2009. A comparison of techniques to sample salamander assemblages along highland streams of Maryland. Environment Monitoring Assessment 156:1-16.
- Vilchis LI, Tegner MJ, Moore JD, Friedman CS, Riser KL, Robbins TT, Dayton PK. 2005. Ocean Warming Effects on Growth, Reproduction, and Survivorship of Southern California Abalone. Ecological Application 15(2): 469-480.
- 呂光洋、賴俊祥，2005，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究 (3/4)-就地復育試驗。行政院農業委員會保育研究系列 93-13 號。48 頁。
- 呂光洋、賴俊祥，2006，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究 (4/4)-就地復育試驗(二)。行政院農業委員會保育研究系列 94-16 號。51 頁。
- 呂光洋、賴俊祥、梁高賓、張俊文，2004，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(二)。行政院農業委員會保育研究系列 92-12 號。50 頁。
- 陳世煌、呂光洋，1986，台灣產山椒魚之研究(二)—阿里山地區山椒魚之族

氣候暖化對玉山主峰附近山椒魚族群可能影響之探討和監測 (1/3)

群生態研究。師大生物學報，21: 46-72。

陳世煌、呂光洋，1987，台灣產山椒魚之研究(一)—研究歷史、分布和形態學之初步研究。野生動物保育研討會專集(一)國家公園和自然保留區之野生動物，林曜松編，頁 79-104。

葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。

葉明欽、呂光洋、賴俊祥，1994，阿里山及玉山國家公園台灣山椒魚族群生態研究。師大生物學報 29(2): 79-87。

賴俊祥，1996，台灣產山椒魚分類學研究，國立臺灣師範大學生物學系碩士論文。

賴俊祥、呂光洋，2007，阿里山地區阿里山山椒魚的分布與族群監測。BioFormosa 42(2): 105-117。